

アキレス腱の構成線維解析に基づくアキレス腱炎の発症機序の再検討

—解剖学的検索—

三浦真弘¹ 重石雄大¹ 内野哲哉² 島田和幸³

¹大分大学医学部生体構造医学講座 ²同大学医学部麻酔科学講座 ³鹿児島大学大学院医歯学総合研究科人体構造解剖学

緒言

アキレス腱の構成線維の正確な形態学的特徴を知ることにはアキレス腱炎の発症機序を理解する上で大変重要である。現在、ヒトを含む哺乳類ではアキレス腱の構成線維は約90°「内旋捻れ現象」の存在が支持されており、それが線維束間の捻れ位置でのSaw like action (Christensen, 1953)¹⁾が炎症・腱断裂を引き起こす原因と考えられている。しかし、ヒトアキレス腱線維束の構成ならびに腱内走行変化については必ずしも正確かつ詳細な形態学的特徴が解明されているとはいえない。また、腱内側に密着する足底筋腱の走行様式についてもアキレス腱炎の発症機序を考える上において精査が必要である。

本研究では、従来のアキレス腱炎の発症機序（機能構造的要因）を構造的特徴から再考するために、アキレス腱の構成線維束解析を足底筋腱の走行・付着形態との関係を含めて詳細に解剖学的・画像診断学的手法を用いて検討を行った。また線維束間Saw like actionの構造的検証、paratenon（腱傍組織）、腱後方滑液包などについても同症発症機序との関係解明を試みた。

材料と方法

肉眼解剖検索には大分大学・鹿児島大学所有の解剖体32体60下肢を用いた。その内8例は腱線維解析²⁾、そして6例は走査電子顕微鏡 (SEM) (Hitachi S-4800) を用いて腱線維束の配置様式と線維束間結合組織内の血管分布状況を調べた。また腱構成要素の回旋状況については超音波エコーを用いることで肉眼解剖学的所見との整合性を試みた。腱膜下にある腱膜腔とアキレス腱滑走様式との関係観察にはインドシアニングリーン (ICG) を paratenon 腱膜内に注入したのち ICG-PDE イメージにて検索した。足底筋の走行様式と踵骨への付着形態については Daseler & Anson の付着分類 (Anson I ~ IV 型)³⁾に従った。

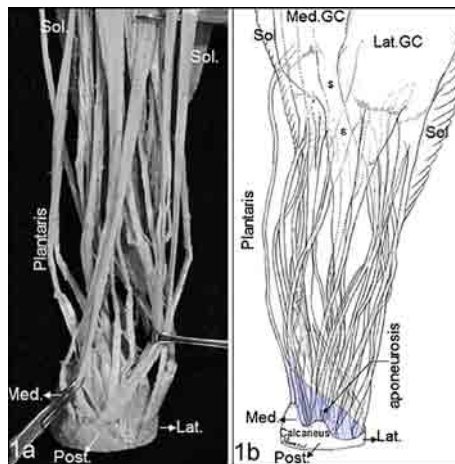
結果

アキレス腱の踵骨への腱付着部に生じる「線維束の捻れ」は内方への内旋捻れが全例で観察された。しかし、アキレス腱断裂好発部位となる腱狭小部での線維束間の捻れは僅少であった。一方、線維束間の捻れで特に大きな回旋域を呈したのは内側腓腹筋 (Med. GC) 由来の線維束群が中心で、それはヒラメ筋 (Sol) 由来の線維束を前面から覆う腱内位置において大きな捻れを呈した (Fig. 1)。踵骨付着部までの線維解析では、腓腹筋固有の線維束とヒラメ筋固有の線維束には独立性の高い線維束が存在する一方で、両者が複雑に交錯して分離が難しい線維領域や、腱内中央部に比較的容易に分離できる線維束群も存在した。特に腱中央部から背側部に位置する境界が明瞭な線維束間にはアキレ

ス腱後方滑液包の一部が侵入する所見が4例で認められた (Fig. 2)。また、同部に近接する腱線維束間結合組織には、SEM 検索において豊富な血管と神経線維束の存在が観察された。線維解析に基づくアキレス腱線維束の配列とその捻れ様式は、超音波エコー検索においても腱狭小部を起点にした内方回旋が検索全例で認められた。

足底筋の走行・付着形態については、Anson 分類のⅢ型 (14例) が最も多く観察された。7例はアキレス腱に密着、そして3例はヒラメ筋由来線維に合流する形態を呈した。特にⅢ型では踵骨後方の腱後方滑液包・滑膜ヒダの発達が顕著であった。

腱狭小部より遠位の足底筋腱は、固有筋膜を有するもののアキレス腱内側に密着して走行することで両腱を被覆する筋膜は共通筋膜でも覆われた。一方、同部では paratenon 腔の形成は不全で、腱滑走にはエコー検索において腱後方の発達した脂肪層 (Kager's fat pad) が深く関係した。また paratenon に注入した ICG-PDE 観察では、足根運動を介しても腱付着部周囲の腱膜腔には蛍光像の伸展は全例観察できなかった。因みに paratenon 下端部から腱性部表層に沿って逸脱するヒラメ筋線維 (Fig. 2, dotted circle) の存在も検索中約50%で認められた。



a Macroscopic anatomy of the AT
b Schematic drawing of the constituent bundles of the AT

Fig. 1 Posterior view of the right Achilles tendon (AT) after tendon-fiber analysis

Lat. GC: lateral gastrocnemius muscle, Med. GC: medial gastrocnemius muscle, Sol: soleus muscle

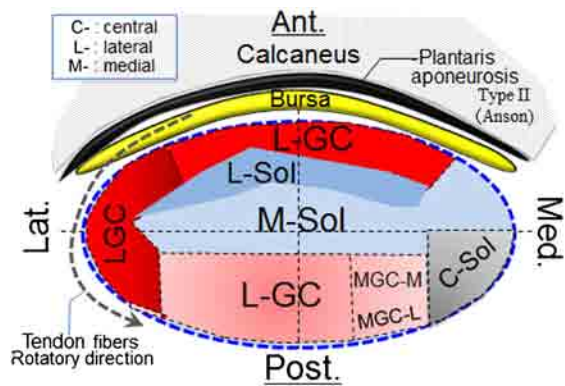


Fig. 2 Transverse cross-section through the left Achilles tendon. Dotted arrow indicates internal rotation in the internal parts of Achilles tendon.

考 察

本検索結果から、アキレス腱内部には潜在的な機能線維層として3つの滑動性の高い線維束構造が存在することが推測された (Fig. 3)。特に腱内部の線維束境界部に観察された分離可能な疎な膜様組織層の存在は、腱内線維束間において生じる Saw like action の出現根拠と考えられた。

アキレス腱遠位内側部の疼痛については、足底筋腱とアキレス腱の接合筋膜間に生じた機械的接触を介する腱鞘炎様病態である可能性が推測された。一方、腱遠位部後方の痛みについては、腱後方滑液包から伸展した滑膜ヒダが腱後方線維束間に侵入・嵌頓した結果生じた synovial fringe³⁾ である可能性も示唆された (Fig. 2, tendon gap)。他方、paratenon 腔が腱狭小部より遠位部において不形成であることが腱遠位部での腱炎発症の一つとも考えられた。また、paratenon 下端から腱線維上に固有に伸び出すヒラメ筋線維は、その発達状況にもよるが、同部における局所的な機械的摩擦の増大-疼痛-炎症-腱炎などを誘引する重要な構造因子になり得るかもしれない。

結 語

アキレス腱の線維構造は、従来の報告のような2層ではなく、内・外腓腹筋由来の2区分の浅層線維束と3区分からなるヒラメ筋由来の深層線維束群が混在して規則的に内旋する線維束から形成された。また、アキレス腱遠位には線維束間に機能的滑走腱線維領域が潜在することから Saw like action による腱炎の誘発には構造的エビデンスがあることが示唆された。

文 献

- 1) Christensen I. 1953. Rupture of the Achilles tendon; analysis of 57 cases. Acta Chir Scand 106: 50-60
- 2) 三浦真弘, 青地英和ほか. 2006. 腸脛靭帯の構成線維とその機能解剖学的意義について. 臨床解剖研究会記録 6: 6-7
- 3) Daseler EH, Anson BJ. 1943. The plantaris muscle: An anatomical study of 750 specimens. J Bone Joint Surg 25-A: 822-827
- 4) Cerezal L, Rodriguez-Sammartino M et al. 2013. Elbow synovial fold syndrome. Am J Roentgenology 201: 88-96

Reconsidering the pathogenesis of Achilles tendonitis based on tendinous fiber analysis findings

Masahiro MIURA¹, Yuudai SHIGEISHI¹, Tetsuya UCHINO², Kazuyuki SHIMADA³

Departments of ¹Human Anatomy and ²Anesthesia, Faculty of Medicine, Oita University,

³Department of Neurology, Gross Anatomy, Kagoshima University Graduate School of Medical and Dental Sciences

To re-examine the conventional pathogenesis of Achilles tendonitis based on structural characteristics, we performed detailed anatomical examination of the tendon by analyzing the fiber bundles that comprise it, and by examining the relationship with the bundles and fiber arrangement of the plantaris tendon. We also attempted to verify structural characteristics like the saw-like actions between the fiber bundles and the relationship with the paratenon, and in the subtendinous bursa with the pathogenesis of the Achilles tendonitis. We examined 60 lower extremities (32 cadavers). We used ICG near-infrared fluorescence imaging to observe the paratenon. In all cases, we observed inward twists of the comprising fiber bundles beyond the narrow part of the tendon. Specifically, we observed regular twists between the fiber bundles originating from the medial gastrocnemius muscle and those from the soleus muscle (3 fiber bundles.) We also found that posterior to the tendon, part of the subcalcaneal bursa (synovial fold) fitted between the fiber bundles, which were separable. The most common arrangement of the plantaris tendon was Anson's type III. Around the calcaneus, the Achilles and plantaris tendons were covered by a common fascia, and we did not observe an aponeurotic space beyond the narrow part of the tendons on ICG near-infrared fluorescence imaging. These results suggested that fiber bundles may exist when internal rotation occurs in the internal parts of Achilles tendon. As three functional fiber bundle areas exist between the fiber bundles in the distal part of Achilles tendon, the pathogenesis so-called a "saw-like action" may have an anatomical basis. In addition, the existence of synovial folds that fit into the interior of the tendon insertion site is considered to be an important finding, because it is closely related to the synovial fringe causing enthesitis.

Key words: Achilles tendon, Achilles tendonitis, plantaris tendon, tendinous fiber analysis, macroscopic anatomy

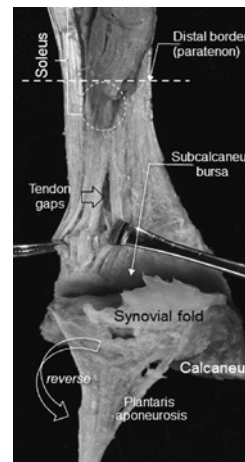


Fig. 3 Posterior view of left Achilles tendon. Cadaveric dissection images show a large synovial fold in the subcalcaneus bursa. Arrow indicates an intertendinous gap of the anterior bundles.